Aus der Chirurgischen Universitätsklinik
und Poliklinik Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. E. Kern

TRANSCUTANE SAUERSTOFFPARTIALDRUCKMESSUNG AUF GESTIELTEN SCHWENKHAUTLAPPEN BEI RATTEN

INAUGURAL-DISSERTATION

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Wolfgang Finke
aus Dortmund

1981

Würzburg, den 14.XI. 1980

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik
und Poliklinik Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. E. Kern

TRANSCUTANE SAUERSTOFFPARTIALDRUCKMESSUNG AUF GESTIELTEN SCHWENKHAUTLAPPEN BEI RATTEN

INAUGURAL-DISSERTATION

verfaßt und der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
vorgelegt von

Wolfgang Finke
aus Dortmund

Würzburg, den 14.XI. 1980

Referent: Prof. Dr. med. P. Klaue

Korreferent: Prof. Dr. med. E. Kern

Dekan: Prof. Dr. med. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 23.2.1981

UNIV. LEIDEN BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1. Einleitung

2. Prinzip der transcutanen PO_2-Messung

3. Problemstellung

4. Material und Methode

5. Durchführung der Messung

6. Ergebnisse

7. Diskussion

8. Zusammenfassung

9. Anhang

10. Literaturverzeichnis

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543512_0075

1. Einleitung

In der plastischen Chirurgie werden heute in steigendem Maße die nach Exzisionen von Tumoren, Traumen, Verbrennungen oder Decubital- und Strahlenulcera auftretenden Hautdefekte durch Verschiebeschwenklappen gedeckt.

Trotz sorgfältiger Planung und Durchführung kommt es dabei nicht selten als Folge insuffizienter Hautdurchblutung zu Lappennekrosen.

In zahlreichen klinischen und experimentellen Arbeiten wurde über Pharmaka berichtet, die zur Förderung der Einheilung von gefährdeten Hauttransplantaten eingesetzt wurden.

So testeten HÄRTWIG, DIETEL, DREWES dreizehn verschiedene Medikamente hinsichtlich der Nekroseverhütung standardisierter Hautlappen, u.a. Complamin^{R}, Effortil^{R}, Vaskulat^{R}. (6)

OLIVARI, N. und OLIVARI, B. untersuchten die Beeinflussung der Lappendurchblutung und Nekroserate an Verschiebeschwenkplastiken durch Pentoxifyllin (Trental^{R}) und Dextran 4o. (19)

Zum Nachweis der Wirkung bzw. der Wirkungsweisen der gefäßwirksamen Pharmaka wurden die verschiedensten Testmethoden verwandt. Im klinischen Bereich handelte es sich meist um Methoden der indirekten Durchblutungsmessung, wie z.B. die Anwendung von Vitalfarbstoffen oder Radio-Isotopen, Temperaturmessungen und Oszillometrie.
Bei den experimentellen Untersuchungen von OLIVARI (19) und HÄRTWIG (6) wurden die an den Hautlappen auftretenden Nekrosen planimetrisch ausgemessen.
Bei letzterem wurde die Durchblutung der Lappen darüber hinaus noch mit der Xenon^{133}-Clearance gemessen sowie mikroangiographische Untersuchungen durchgeführt.

RIEDE, ROHR und SANDOZ benutzten in ihrer tierexperimentellen Studie zum Problem der Actihaemyl^{R} Wirkung die morphometrische Analyse zur Beurteilung des Behandlungserfolges durch den Blutextrakt auf eine standardisierte Verbrennungswunde.

Eine relativ neue Methode, die Sauerstoffversorgung und damit die Durchblutung bestimmter Hautareale zu messen, ist die von HUCH und LÜBBERS entwickelte Methode der transcutanen PO_2-Messung. Dabei wird eine modifizierte PO_2-Elektrode (CLARK-Prinzip) (1,7,8,9) auf die Haut luftdicht aufgesetzt. Durch lokale Hyperthermie mit folgender Kapillarerweiterung wird eine Hyperämie erzeugt. Der so gemessene $tcPO_2$ spiegelt die arteriellen PO_2-Veränderungen wider.
Diese Methode wurde in erster Linie zur unblutigen Überwachung der Blutgase, z.B. beim Neugeborenen, entwickelt. (7,8,12)
1976 konnten KELLER und KLAUE als Erste zeigen, daß auch eine Überwachung von Auto- bzw. Allotransplantaten durch die $tcPO_2$-Methode möglich ist. (15)
KNOTE und BOHMERT bestätigten 1977 die klinische Anwendbarkeit dieser Methode zur Bestimmung der Überlebensfähigkeit nekrose-gefährdeter Hautareale. (16)

2. Prinzip der transcutanen PO_2-Messung

Grundlage der PO_2-Messung ist die Polarographie, mit der HEYROVSKY (1924) Sauerstoffbestimmung in Elektrolytlösungen vornahm.
Diese Messungen wurden mit der Quecksilber-Tropfelektrode durchgeführt. Es ergaben sich Schwierigkeiten, mit dieser Methode den Sauerstoffgehalt im Blut zu messen, weil die Anwesenheit von Hämoglobin oder Erythrocyten den Analysengang störten.

So führten DAVIES und BRINK (1924) PO_2-Messungen in Vollblut mit der Platinelektrode durch. Sie bezogen ihre "recessed-electrode" mit Kollodium und erhielten so eine relativ stabile Elektrode.
Diese Elektrode wurde mehrfach modifiziert; wie z.B. von BARTELS und REINHARDT, die über einen lange haltbaren Überzug aus Polysterol berichteten, oder es wurden PO_2-Messungen mit blanken Eindraht- und Mehrdrahtplatinelektroden durchgeführt. (MOCHIZUKI und BARTELS, 1955)
CLARK, WOLF, GRANGER und TAYLOR (1953), CLARK (1956) veränderten die Meßanordnungen dadurch, daß Platin- und Bezugselektrode gemeinsam in einer Elektrolytlösung hinter Zellophanmembran (später Polyaethylen) lagen und dadurch vor den störenden Einflüssen der Meßlösung geschützt wurden. (CLARK-Prinzip) (1)
Diese Elektrode bedeutete eine wesentliche Verbesserung. Wegen der nicht stabilen Membran der CLARK-Elektrode ergaben sich jedoch schon bei geringen mechanischen Belastungen Eichkurvenverschiebungen. Zudem bestand das Elektrodengehäuse aus Plexiglas, so daß der im Plexiglas gelöste Sauerstoff das Meßresultat beeinflussen konnte. GLEICHMANN und LÜBBERS (1960) entwickelten eine "stabilisierte Ganzglas-Platinelektrode", mit der die oben beschriebenen Schwierigkeiten weitgehend behoben wurden. (4)
R. HUCH, D. W. LÜBBERS, A. HUCH (1973) entwickelten die $tcPO_2$-Messung, eine polarographische Meßmethode,

mit der auf der Haut von Neugeborenen der arterielle PO_2 fortlaufend kontrolliert werden konnte. (7,8,9,10,12)

"Bei der Analyse von Sauerstoff laufen folgende Vorgänge ab; durch Anlegen einer negativen Spannung an die Platinelektrode wird der an ihre Oberfläche diffundierende Sauerstoff durch Anlagerung von 2 Elektronen zu H_2O_2 und durch zwei weitere zu Wasser reduziert.

$$O_2 + 2H_2O + 2\ e^- \rightarrow H_2O_2 + 2OH^-$$

$$H_2O_2 + 2\ e^- \rightarrow 2OH^- + 2\ H^+ \rightarrow 2\ H_2O$$

Bei der Reaktion wird also laufend Sauerstoff verbraucht. Die Nachlieferung von molekularem Sauerstoff erfolgt in einer ruhenden Lösung durch Diffusion an die Platinoberfläche. Je mehr Sauerstoffmoleküle dort reduziert werden, um so stärker ist der im Meßkreis fließende Strom, Reduktions- oder auch Diffusionsstrom genannt. Bei Erhöhung der an die Platinelektrode angelegten Spannung steigt dieser Strom zunächst an, bis er so groß geworden ist, daß in jedem Augenblick alle an der Elektrodenoberfläche eintreffenden O_2 Moleküle reduziert werden. Die Sauerstoffkonzentration ist dann an der Platinoberfläche gleich Null. In diesem Fall wird die Stromstärke allein durch die Menge des nachdiffundierenden Sauerstoffes bestimmt, d.h. eine Erhöhung der Spannung hat keinen Einfluß mehr auf die Stromstärke. Jetzt ist der Bereich des sogenannten Diffusionsgrenzstroms erreicht. Dieser nimmt nun mit dem Sauerstoffgehalt einer Lösung zu und ist dem Sauerstoffdruck in der Lösung proportional, da die Diffusionsstärke von der Sauerstoffdruckdifferenz bestimmt wird, die zwischen dem Sauerstoffdruck an der Platinoberfläche und dem in der Lösung besteht." (4)

An der Hautoberfläche lassen sich unter normalen Bedingungen nur geringe PO_2-Werte zwischen 0 und 6 Torr messen. Erst durch das Aufheizen des Meßareals mit Vasodilatation der Hautgefäße kommt es zu einer exzessiven Hyperämie, bei der transcutan annähernd arterielle PO_2-Werte gemessen werden. (7,8)

3. Problemstellung

Frühere experimentelle und klinische Untersuchungen (15) haben gezeigt, daß die Objektivierung der Einheilung von Autotransplantaten bzw. der Abstoßung von Allotransplantaten mit der $tcPO_2$-Messung möglich ist. Deshalb sollte versucht werden, mit der Methode die fördernde Wirkung eines Medikamentes, welches zur Einheilung von Hauttransplantaten empfohlen wurde, zu objektivieren.
Actovegin^R ist ein eiweißfreier Kälberblutextrakt, der elektrolytreich ist und aus Aminosäuren, Hydroxysäuren, Ketosäuren, Desoxyribosiden, Purinen und Polypeptiden besteht. Sein Wirkungsmechanismus ist unklar. Es wird diskutiert, daß Actovegin^R über die Beeinflussung der O_2-Aufnahme, der Glukoseeinschleusung und der Glukoseverwertung in den Ablauf energieabhängiger Prozesse wie Biosynthesen, Biotransformation und aktive Transportvorgänge eingreift.
Am Beispiel des Actovegins^R sollte die positive oder negative Wirkung eines Medikamentes untersucht werden und damit die Methode der $tcPO_2$-Messung in ihrer Eignung für klinische und experimentelle Untersuchungen mit ähnlicher Fragestellung geprüft werden. Gleichzeitig sollte versucht werden, den bisher unklaren Wirkungsmechanismus von Actovegin^R weiter zu erklären.

Zusammenfassend sollten die folgenden Fragen beantwortet werden:

a: Ist eine Objektivierung der Einheilung von gestielten Lappen mit der $tcPO_2$-Messung möglich?
b: Ist eine Objektivierung der Wirkung von Actovegin^R möglich?
c: Welches ist der Wirkungsmechanismus von Actovegin^R?

4. Material und Methode

a. Zur Transcutanen PO_2-Messung sind erforderlich:
   1. PO_2 Meßelektrode
   2. PO_2 Analysator
   3. Mehrkanalschreiber

1. PO_2 Meßelektrode war die von HUCH und LÜBBERS nach dem CLARK'schen Prinzip entwickelte Elektrode. (7)

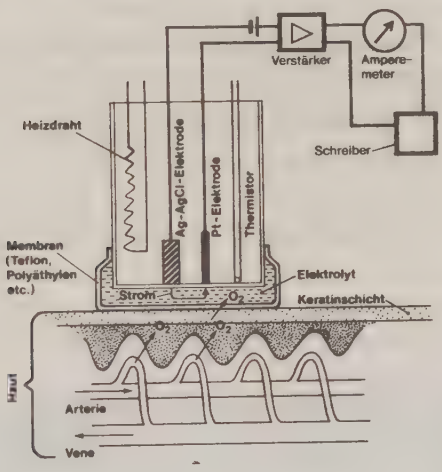

Abb.: 1 Schema des Meßprinzips und der PO_2-Elektrode für die transcutane Messung. Aus den dilatierten Hautgefäßen diffundieren Sauerstoffmoleküle zu der auf der Haut fixierten PO_2-Elektrode und werden an den Platindrähten, die kathodisch gegen die Ag/AgCl-Bezugselektrode geschaltet sind, reduziert. Durch den Heizdraht, dessen Temperatur über einen Thermistor exakt reguliert wird, wird der Meßpunkt bei einer Temperatur von 44 Grad Celsius auf der obersten Hautschicht hyperämisiert und das Blut des Kapillargebietes "arterialisiert". (10)

Sie besteht aus drei in Glas eingeschlossenen Platinkathoden von 15 µm Durchmesser, die gegen eine gemeinsame Bezugsanode geschaltet werden. Diese ringförmige Silberanode wird durch den Einbau einer regelbaren Heizung direkt beheizt, wodurch die zur Messung notwendige Hyperämisierung des Hautareals erfolgen kann. Die eingestellte Temperatur wird von einem oberflächennah gelegenen Thermistor reguliert.

Der Reduktionsstrom bzw. das Meßsignal liegt bei ca. 2×10^{-9} A für die Sauerstoffkonzentration der Luft und für reinsten Stickstoff entsprechend O mmHg PO_2 unter O, 1×10^{-9} A. (12)
Dabei liegt der Eigenverbrauch der Kathode im Größenbereich von O,015 mmHg/min bei einem PO_2 von 100 mmHg.

Dies ermöglicht schnelle Einstellzeiten, die für die transcutanen Messungen unabdingbar sind, will man PO_2 Veränderungen schnell erkennen. Die 95 % Einstellzeit beträgt bei unserer Elektrode 10 bis 12 sec.

2. Der PO_2 Analysator zeigt an der Vorderseite drei, den verschiedenen Platinkathoden zugehörigen Ampèremeter. (Abb. 2/1)

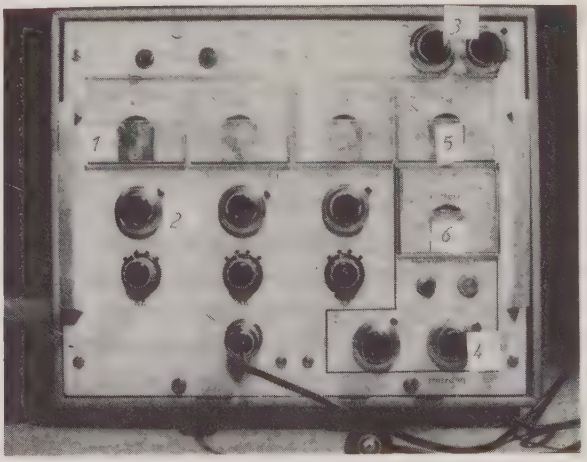

Abb. 2: PO_2-Analysator, Erläuterung siehe Text, im Vordergrund die PO_2-Elektrode

Der Reduktionsstrom kann für jeden Meßkanal einzeln abgelesen werden.
Die Sondenspannung ist durch drei Potentiometer zwischen null und tausend mV variabel. (Abb. 2/2)

Zwei weitere Potentiometer dienen zur Kalibrierung des Thermistors der Elektrode (Abb. 2/3). An einem weiteren kann die Elektrodenkerntemperatur (Abb. 2/4/5) gewählt werden, die durch ein Thermometer kontrolliert werden kann.
Die Anzeige "P-Heiz" (Abb. 2/6) gibt die Heizenergie an, die erforderlich ist, um die Hauttemperatur im Meßbereich gegen die Kühlwirkung des vorbeiströmenden Blutes konstant zu halten. Dies dient gleichzeitig als Maß für eine relative Durchblutungsänderung (umgekehrtes Gibbsches Verfahren). (3)

3. Mit einem Laumann-Mehrkanalschreiber wurden die Meßsignale graphisch registriert. Der Parallelverlauf der Reduktionsströme diente als Kontrolle für den guten und dichten Sitz der Elektrode. (Abb. 8/4)
Zur relativen Flußmessung wurde die Heizleistung aufgezeichnet.

b) Versuchstiere waren weibliche Wistarratten mit einem Körpergewicht von 250-300 g. Zur Narkose wurde den Tieren 46 mg/kg Brevimytal-Natrium intraperitoneal injiziert. Sie wurden in Rückenlage fixiert und die Bauchhaut mit einer thioglycolathaltigen Enthaarungscreme (Pilca^{R}) enthaart. Nach der Desinfektion wurde die Schnittführung mit Hilfe einer Schablone auf der Haut aufgezeichnet. (Abb. 3) Das Verhältnis von Lappenlänge zur Lappenbreite betrug 3,0 cm : 1,5 cm (2:1). Dabei wurde darauf geachtet, daß die Lokalisation und Richtung der Schnittführung bei allen Tieren gleich war. Nach der Bildung des Haut-

defektes durch Exzision wurde dieser durch einen Verschiebeschwenklappen gedeckt. Der Defekt an der Lappenentnahmestelle wurde primär vernäht. (Abb. 3) Der Wundverschluß erfolgt mit 4 X o atraumatischem Ethilon Polyamid durch Einzelknopfnähte. (19) Um eine Beschädigung der Nähte durch die Ratten und damit ein Loslösen des Transplantats zu verhindern, wurde nach der Operation eine Gipsmanschette am Hals angelegt.

Es wurden zwei Gruppen zu je 10 Tieren gebildet. Die erste Gruppe erhielt, entsprechend den Empfehlungen des Herstellers, ab dem 2. Tag vor der Operation täglich 2 ml Actovegin^{R} intraperitoneal verabreicht, entsprechend 80 mg Blutextrakt. (320 mg/kg KG) Diese Behandlung wurde bis zum 8. Tag post operationem fortgeführt.
In einer Kontrollgruppe von ebenfalls zehn Tieren injizierten wir täglich 2,0 ml physiologische Kochsalzlösung i.p..
Mit der transcutanen PO_2-Methode wurden nun am 2., 4., 6., 8. und 10. Tag auf dem Verschiebeschwenklappen die Messungen durchgeführt. Die Meßpunkte befanden sich jeweils im Abstand von 1 cm und 2 cm von der Basis des Lappens.

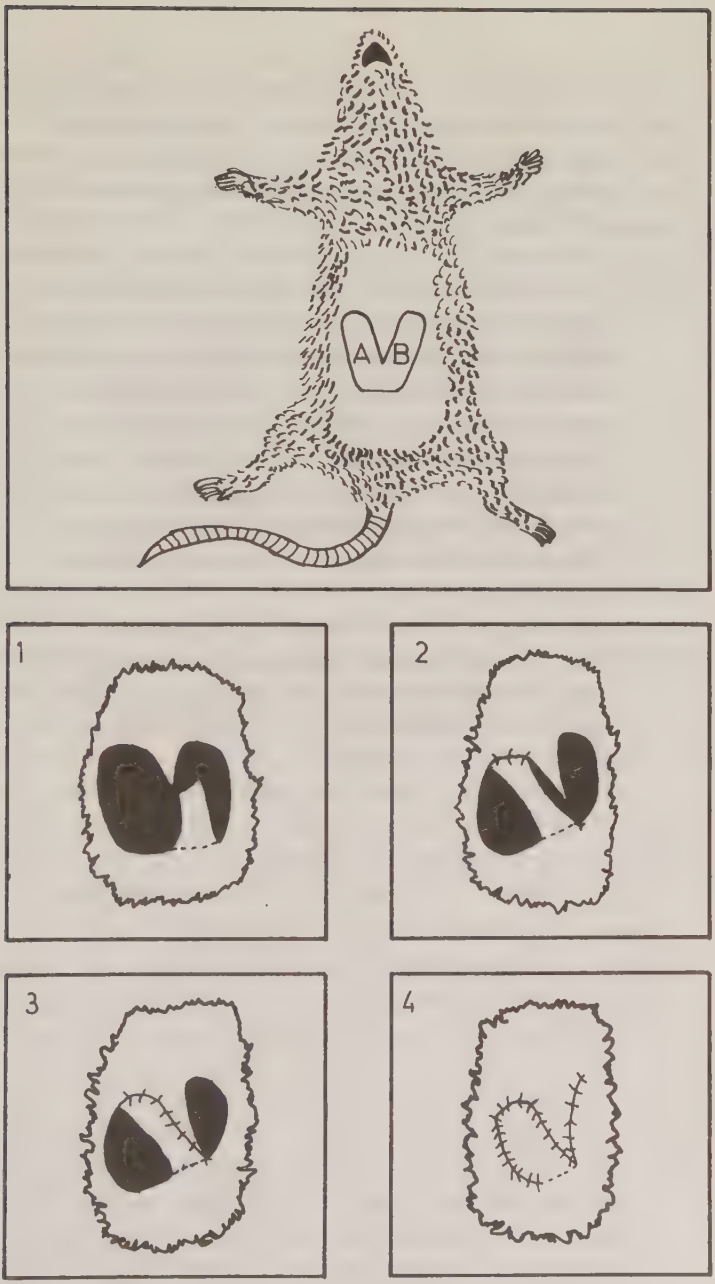

Abb. 3: Verschiebeschwenkplastik an der Bauchhaut von Ratten (nach OLIVARI) (18)

Auf der enthaarten Haut wird mit einer Schablone das Operationsschema gezeichnet. Das Verhältnis von Lappenlänge zur Lappenbreite beträgt 2:1. Bei allen Tieren wird auf möglichst gleiche Schnittführung geachtet.

zu 1. Durch Exzision des Hautteils A wird ein Defekt gebildet. Auf Grund der durch die Elastizität bedingten Schrumpfungsneigung der Haut vergrößert sich dieser Defekt.

zu 2. Der Hautlappen B wird bis zur Basis mobilisiert, an den Ort des Hautlappens A geschwenkt und basisfern angenäht. Der zwischen den Hautlappen A und B liegende Teil wird mit seiner Spitze neben der Basis befestigt.

zu 3. Der Lappen B wird am Ort A eingenäht.

zu 4. Zustand am Ende der Operation. Lappen B ist am Ort A vollständig eingenäht. Die Lappenentnahmestelle ist primär verschlossen.

5. Durchführung der Messungen

1. Bespannung und Eichung der Elektrode
Vor Beginn der Messung wurde die Elektrode mit einem weichen Lederlappen gereinigt und anschließend einige Tropfen Elektrolyt folgender Zusammensetzung aufgebracht: 300 ml $NaHCO_3$, 10 ml gesättigte KCL-Lösung und 0,215 g Agarose. Danach wurde Teflon (25 μm) auf die Elektrode gelegt und mit einem O-Ring fixiert. Ein zweiter größerer Ring, der zur Befestigung des Kleberinges dient, wurde zusätzlich aufgeschraubt. Die Bespannung muß wöchentlich erneuert werden. Nach Anschluß an den Analysator wurde der Thermistor der Elektrode, passend zur Temperaturskala im Analysator mit Hilfe eines Wasserbades von jeweils 25°c und 50°c eingeeicht.
Anschließend wurde die Elektrode mit eingeschalteter Heizung auf der Haut fixiert und mit dem dritten Potentiometer auf 45°c eingestellt.
Nun wurde die in vitro Eichung durchgeführt, d.h. bei eingeschalteter Heizung wurde die Elektrode zuerst in eine Kammer gelegt, durch die Stickstoff geleitet wurde. Der daraus resultierende Punkt auf der Schreibkurve war der Nullpunkt. (o mm HG PO_2)

Dann wurde die Elektrode dem Luftsauerstoff ausgesetzt, der dadurch den zweiten Eichpunkt (ca. 150 mm HG PO_2) festlegte. In beiden Fällen muß ein ausreichender "steady state" erreicht werden. (Abb. 8/1) (11)

2. Messung des PO_2
Die geeichte Elektrode wurde nach Auftropfen von destilliertem Wasser mit einem Klebering am jeweiligen Meßpunkt befestigt. Sie schloß mit der Haut dicht ab, wenn nach Aufsetzen die PO_2-Linie des Schreibers gegen o mm HG entsprechend den Messun-

gen unter Stickstoff, ging. (Abb. 8/2)
Die gemessenen Ströme wurden auf dem Mehrkanalschreiber registriert. Zwei Kanäle zeigten die gemessene O_2-Spannung, ein weiterer den lokalen Blutfluß an.
An einem Punkt wurde solange gemessen, bis sich ein "steady state" an der Kurve abgezeichnet hat. (Abb. 8/6) Dann erhielt die Ratte über einen Trichter ein 40%iges N_2O_2-Gemisch zugeführt, bis es hier auch zu einem Plateau im Kurvenverlauf kam. (Abb. 8/8) Nach Absetzen der O_2 Gabe wurde ein erneutes Kurvenplateau abgewartet.
Um eine Beschädigung des Hauptlappens beim Abziehen des Kleberinges zu vermeiden, wurde ein Lösungsmittel aufgesprüht. Danach konnte die Elektrode leicht abgehoben werden.
Zur Kontrolle wurde nach jeder Messung mit eingeschalteter Heizung bei allen benutzten Empfindlichkeiten eine Nacheichung durchgeführt.

3. Auswertung der Schreiberkurve und Statistik
Die Eichstrecke (a) vom Nullpunkt (OmmHG), festgelegt durch Stickstoff, bis zum "steady state" der Lufteichung, entspricht dem Sauerstoffpartialdruck (PO_2-Luft), der als 20,9% vom entsprechenden Barometerdruck berechnet wird. (Abb. 8/1)
Der Abstand vom Nullpunkt bis zum höchsten Punkt der PO_2-Meßkurve wurde ausgemessen. Dieser Punkt soll möglichst in einem Plateau liegen.
(b) (Abb. 8/6 bzw. 8/8)
Aus folgender Gleichung ergibt sich der gesuchte Wert (x), d.h. der gemessene PO_2-Wert. (11)
Berechnung:

$$\frac{PO_2\ \text{Luft}\quad \text{mmHg}}{a\quad \text{mm}} = \frac{x\quad \text{mmHg}}{b\quad \text{mm}}$$, so daß sich

für $x \quad \frac{PO_2 \text{ Luft}}{a} \quad b$ mm Hg ergibt.

Aus diesen Ergebnissen wurden die Mittelwerte XM, die Standardabweichung S und der Variationskoeffizient VK errechnet. Die Signifikanzberechnung wurde mit dem t-Test nach STUDENT zum Vergleich zweier Mittelwerte durchgeführt. Die Varianzen wurden mit dem F-Test geprüft. Die dem t-Wert entsprechenden Irrtumswahrscheinlichkeiten p sind in der Tabelle 3 wiedergegeben.

6. Ergebnisse

In der oben geschilderten Weise wurden nun für jeden Meßpunkt vom 2. bis 10. postoperativen Tag die entsprechenden $tcPO_2$-Werte errechnet. Diese sind in der Tabelle 1 bzw. 3 zusammengestellt. Um zu verhindern, daß durch Artefakte falsche positive Werte entstanden, wurde darauf geachtet, daß der höchste Punkt,der den $tcPO_2$-Wert ergab, in einem Plateau lag.
Ebenso mußte die Veränderung der Meßwerte bzw. -kurven durch die Gabe von Barbiturat berücksichtigt werden. (siehe Abb. 8/5 und 9/5)
Nach der interperitonealen Injektion von Brevimytal-Natrium zeigte sich ein Abfall der Schreiberkurve und damit ein Absinken der $tcPO_2$-Werte. Dieser Abfall war am 2. postoperativen Tag, bei ohnehin niedrigen $tcPO_2$-Werten, am stärksten ausgeprägt. (siehe Tabelle 3, Nr. 1 A und 2 A)
Bei beiden Versuchsgruppen lagen die am 2. Tag p.Op. gemessenen Werte um 30 Torr für den Meßwert in 1 cm Abstand von der Lappenbasis (Kontrollgruppe 30,8; Actovegin^R 27,5). Der Meßwert bei 2 cm Abstand von der Lappenbasis lag bei 18,o, in der mit Actovegin^R behandelten Gruppe 17,4 Torr. (Tabelle 2 bzw. 4)
Der Unterschied der einander entsprechenden PO_2-Werte war nicht signifikant.

Während es in den Kontrollgruppen in der Zeit vom 2.-4. Tag p.Op. nur zu einer geringfügigen Steigerung der PO_2-Werte von 30,8 auf 32 Torr kam, war in der mit dem Blutextrakt behandelten Gruppe ein deutlicher Anstieg des PO_2-Wertes (27,5 am 2. Tag, 53,4 Torr am 4. Tag) festzustellen. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p<o,o5$ für 1 cm und o,o25 für 2 cm zeigte sich der signifikante Unterschied der gemessenen PO_2-Werte. (Tab. 5) Im weite-

ren Verlauf stiegen die PO_2-Werte weiter an. (Abb. 4-7) Für alle folgenden Tage bestand zwischen den Werten beider Gruppen deutliche Signifikanz. (siehe Tab. 5)

Beim Vergleich der PO_2-Werte, die innerhalb einer Gruppe von Tieren bei 1 cm bzw. 2 cm Abstand von der Lappenbasis gemessen wurden, fanden sich ebenfalls deutliche Unterschiede. Schon vom ersten Meßgang an waren sowohl in der Kontrollgruppe, als auch in der mit dem Blutextrakt behandelten Gruppe die Werte am basisnahen Meßpunkt höher als die Werte, die an der Lappenspitze bei 2cm gemessen wurden. (Abb. 5,6,7) Dieses Ergebnis bestätigt die bekannte Tatsache, daß die Durchblutung eines Schwenklappens von der Basis zur Lappenspitze hin abnimmt.

Im Verlauf der Messungen konnten keine negativen Einflüsse durch die beheizte Elektrode oder die zur Fixierung der Elektrode auf der Haut benutzten Kleberinge auf die Verschiebelappen beobachtet werden. Nur nach länger dauernden Messungen zeigten sich leichte, reversible Rötungen im Bereich der Meßstellen. Das Ablösen der Kleberinge wurde durch das Aufsprühen eines Lösungsmittels so schonend ermöglicht, daß es dadurch ebenfalls zu keiner Beeinträchtigung der Durchblutung des Hautlappens kam.

Am 8. bzw. 10. postoperativen Tag kam es bei einigen Tieren im Bereich der Lappenspitze zu einer Schrumpfung der Haut. In diesen Fällen war es oft schwierig, die Elektrode luftdicht aufzusetzen. Der Schreiber zeigte dann einen unvollständigen Abfall der PO_2-Linie gegen

o mm Hg, als Folge einer nicht luftdicht aufgesetzen Elektrode. (siehe Abb. 8/2)
Bei dem Versuchstier 2 A war die Schrumpfung der Lappenspitze allerdings so ausgeprägt, daß sich dort am 10. Tag postoperationem am Meßpunkt 2 cm die Elektrode nicht luftdicht aufsetzen und so kein korrekter PO_2-Wert messen ließ. (siehe Tab. 3 Nr. 2 A, 10. Tag p.Op.)

7. Diskussion

Die ausreichende Sauerstoffversorgung mit Aufrechterhaltung des Stoffwechsels ist für das Einheilen von Hauttransplantaten erforderlich. Die vorliegende Arbeit zeigt, daß mit der transcutanen Methode die Sauerstoffversorgung und das Einwachsen von gestielten Hautlappen objektiv erfaßt werden kann und bestätigt damit die bisherigen diesbezüglichen Untersuchungen. (15,16)
Um auf unterschiedlich stark vaskularisierten Hautlappen vergleichende PO_2-Messungen durchzuführen, ist eine Standardisierung der Meßbedingungen erforderlich. Dies geschieht bei der $tcPO_2$-Messung durch Aufheizen des Meßareals auf 44° C mit folgender Vasodilatation. (12) Die Vasodilatation führt bei Hauttransplantaten zur maximal möglichen Hyperämie.
Zur Kontrolle der maximalen Hyperämie ist die Registrierung des lokalen Blutflusses erforderlich. Dies geschieht durch Registrierung der Heizleistung, die zur Aufrechterhaltung der Vasodilatation erforderlich ist. (3) Durch die erhöhte Temperatur im Meßbereich kommt es zu einer Verschiebung der Hämoglobin-Dissoziationskurve und damit zu falschen höheren PO_2-Werten. Diese Beeinflussung wird aber überwiegend durch den Eigenverbrauch der Elektrode und die Membranwirkung der Haut aufgehoben. Wie aus vielen vergleichenden PO_2-Bestimmungen mit arteriellen Blutgasanalysen hervorgeht, werden mit der $tcPO_2$-Messung realistische Werte gemessen. (2,7,8,10,14)
Ein negativer Einfluß auf die Haut konnte weder makroskopisch noch histologisch gesehen werden. Nach länger dauernden Messungen wurden gelegentlich leichte Rörungen an der Meßstelle beobachtet.
Die zwischen dem 2. und 4. postoperativen Tag ansteigenden PO_2-Werte spiegeln die zunehmende, vom

Wundbett oder von dem Randgewebe ausgehende Vaskularisierung wider.

Möglich wäre die Messung von Sauerstoff, der aus tieferen Schichten jenseits des Hautlappens zur Hautoberfläche diffundiert. Dies erscheint bei dem geringen Einzugsbereich der PO_2-Meßelektrode nicht wahrscheinlich. Zudem zeigten frühere Messungen auf Haut-Autotransplantaten, daß bis zum Zeitpunkt der Vaskularisierung dieser Transplantate am 2.-4. Tag kein Sauerstoff zu messen war. Bei Haut-Allotransplantaten war dies nach Abstoßung ebenfalls nicht möglich. (15) Andererseits zeigt sich die Empfindlichkeit der Elektrode darin, daß auch eine geringe Vaskularisierung mit niedrigem Gewebe PO_2 erfaßt werden kann.

Während der Messung muß auf einen möglichen Einfluß des Narkotikums geachtet werden. Mußte Brevimytal nachgegeben werden, so zeigte sich in vielen Fällen 1-2 Minuten nach Injektion ein Absinken der PO_2-Werte. Ursache dieses Effektes ist wahrscheinlich die atemdepressive Wirkung von Barbituraten. (9) Wenn geringe PO_2-Werte erwartet werden, könnte bei gleichzeitiger Gabe von Barbituraten eine falsch negative Messung resultieren. Am 8. oder 10. Tag postoperativ mußte bei einigen Tieren vermehrt Barbiturat gegeben werden, um eine Ruhigstellung zu erzielen, da sich bei diesen Tieren eine Gewöhnung an das Narkosemittel zeigte. Das daraus folgende Absinken der PO_2-Werte wurde an diesen Tagen aber schneller kompensiert.

Hauptursache für Einheilungsstörungen von Verschiebeschwenklappen ist die unzureichende Blutversorgung eines Gewebebezirkes. (6,19) Die Minderdurchblutung bedingt ein Mißverständnis zwischen Sauer-

stoffbedarf und Sauerstoffangebot.
Daraus folgt eine verringerte oxydative Phosphorylierung, eine gesteigerte anaerobe Glykolyse und eine Anhäufung von sauren Metaboliten mit dem Resultat der Gewebesacidose. Durch den daraus folgenden Energiemangel kommt es zur Störung der Zellfunktion und zur Nekrose.
Actovegin^{R} soll durch erhöhte Sauerstoff- und Glukoseeinschleusung sowie verbesserte Verwertung in der Zelle die aerobe Energiegewinnung aktivieren und die anaerobe Glykolyse im Sinn einer Normalisierung des Stoffwechsels zurückdrängen.

In zahlreichen Untersuchungen konnte bei Gabe von Actovegin^{R} eine Steigerung der Sauerstoffaufnahme an unterschiedlichen Versuchsmodellen gesehen werden. (13,20,22,21)
In Experimenten mit Meerschweinchen-Leberhomogenaten im Mikrospirometer nach WARBURG stieg nach Actovegingabe die Sauerstoffaufnahme um 100 bis 200 % der Ausgangswerte an. (13)
Sowohl durch die Versuche von JAEGER, LEYBOLD, MITTENZWEI, STAUDINGER und VON WALDENSTÄTTEN (13) sowie von REICHEL, WEISS und LEICHTWEISS (20) wurde gezeigt, daß Actovegin^{R} an überlebenden, isolierten und künstlich durchströmten Organen die O_2-Aufnahme steigert, wenn auch nicht im selben Ausmaß wie an den Homogenaten und Mitochondriensuspensionen der WARBURG-Versuche.
Diese Arbeiten widersprechen den Angaben von BREUER, der an Nierenrindenschnitten keine Änderung der O_2-Aufnahme bei Zusatz von Actovegin^{R} zur Inkubationsflüssigkeit beobachten konnte. (20)
Die obigen Ergebnisse führten nun zu verschiedenen Versuchen, um die Wirkung des Blutextraktes am Ganztier mit Vollblut festzustellen. Dort wurden geringere Effekte erwartet als bei den Untersuchungen in vitro, weil das Blut die in Actovegin^{R} ent-

haltenen Stoffe schon in genügender Konzentration enthalten kann. Es konnte aber auch unter diesem Gesichtspunkt in zahlreichen klinischen als auch in tierexperimentellen Arbeiten über gute Ergebnisse berichtet werden.
So beschrieben P. STERN, K. VALJEVAC, daß Actovegin^{R} signifikant die Überlebenszeit von Haut-Allotransplantaten bei Mäusen verlängert. Außerdem konnten sie am Modell der durch Injektion von Adrenalin und Ergotamin erzeugten Gangrän des Rattenschwanzes eine Schutzwirkung von Actovegin^{R} demonstrieren. Aus entsprechenden Kontrollversuchen ergab sich, daß dieser Effekt nicht durch Vasodilatation, sondern durch Beeinflussung des Stoffwechsels, insbesondere des O_2-Stoffwechsels zustandekommen muß. (22)
RIEDE, ROHR und SANDOZ untersuchten die Länge der Wundheilungszeit, nachdem sie an Wistarratten eine 2 x 5 cm große standardisierte Verbrennungswunde dritten Grades gesetzt hatten. Zur Beurteilung der Wundflächengröße benutzten sie die quantitativ-morphologische Auswertung, indem sie die Wundflächengröße auf Halbkarton übertrugen und dessen Gewicht mit einer Präzisionswaage maßen. Als Ergebnis fanden sie, daß durch die Behandlung mit einem Blutextrakt es zu einer deutlichen Verkürzung der Wundheilungszeit nach dem Setzen einer normierten Verbrennungswunde kommt.

GLOOR untersuchte am Modell des autologen freien Vollhauttransplantates beim Meerschweinchen die Eigenschaften von gefäßwirksamen Pharmaka, unter anderen auch Actovegin^{R}. Unter der Berücksichtigung der gemessenen Parameter wie Schrumpfung der Transplantate, Wärmeabgabe durch Leitung und Durchführung von gefäßmorphologischen Untersuchungen fand er bei der Behandlung mit dem Blutextrakt eine signifikante Verbesserung im Bereich alter reaktivierter Transplantatgefäße. Ob es sich dabei um eine direkte Ein-

wirkung auf die Mikrozirkulation handelt oder ob die hypoxische Schädigung der Mikrozirkulation durch die verbesserte Sauerstoffutilisation im Gewebe vermindert wird, konnte auf Grund seiner Ergebnisse nicht entschieden werden.
SZEKERES, TÖRÖK und SIMON nehmen an, daß besonders das fibrinolytische System in der Wundheilung eine wichtige Rolle spielt. Sie untersuchten daher die fibrinolytische Aktivität mittels der Fibrin-Film-Autographie nach TODD an Gewebeschnitten, die von unbehandelten und behandelten Ulcera crura gemacht wurden. Während der entzündlichen Phase der Wundheilung wurde eine fibrinolytische Aktivität nicht wahrgenommen. In der proliferativen Phase wurde eine verstärkte fibrinolytische Aktivität rund um die neugebildeten Kapillaren festgestellt. Die stärkste fibrinolytische Aktivität fand sich unter der Behandlung mit dem Blutextrakt. (23)
Die Autoren MALAKER und SELLWOOD allerdings zeigten, daß wohl ein signifikanter Unterschied in der Heilungsrate der Hautentnahmestelle bei der Ratte zwischen den mit Actovegin^{R} behandelten Tieren und der Kontrollgruppe bestand, die Zeitdifferenz aber klein und relativ unbedeutend sei. Berichte über Vorteile von Blutextraktbehandlungen in der plastischen Chirurgie müßten nach Meinung der Autoren mit gewissen Vorbehalten aufgenommen werden. (18)

In unseren Versuchen läßt sich die positive Wirkung von Actovegin^{R} auf die Sauerstoffversorgung des Verschiebelappens an den deutlich höheren PO_2-Werten der mit diesem Medikament behandelten Tiere feststellen. Allerdings zeigt sich ein signifikanter Unterschied erst ab dem 4. postoperativen Tag.
($p < 0{,}05$)
Dies läßt am ehesten auf eine verbesserte Durchblutung schließen. Diese Interpretation geht über

die bisherige Theorie einer durch Actovegin^{R} verbesserten Sauerstoffutilisation (18) hinaus und bestätigt Vermutungen von GLOOR (5), der Actovegin^{R} eine Verbesserung der Mikrozirkulation zuschreibt. Da aber ein meßbarer Unterschied zwischen behandelten und unbehandelten Tieren erst ab dem 4. Tag postoperativ festzustellen war, also zu einem Zeitpunkt, zu dem die Revascularisierung vom Transplantatbett aus eingesetzt hat, wäre auch ein positiver Einfluß von Actovegin^{R} auf die Gefäßneubildung denkbar. Welche der genannten Hypothesen mit den höheren PO_2-Meßwerten auf Actovegin^{R}-behandelten Lappen in Zusammenhang zu bringen ist, kann durch die Methode jedenfalls nicht geklärt werden. Allenfalls könnten mikroangiographische und histologische Untersuchungen weiterhelfen, die z.B. eine vermehrte Kapillareinsprossung in durch Actovegin^{R} behandelten Transplantaten im Vergleich mit unbehandelten sichtbar machen könnten.

Die eingangs gestellten Fragen können damit wie folgt beantwortet werden:
Die von HUCH und LÜBBERS entwickelte transcutane PO_2-Messung ist eine praktikable Methode, die es gestattet, das Einheilen von gestielten Lappen laufend zu überwachen. Vorteile sind die einfache Handhabung, die relativ genau reproduzierbaren Meßwerte, sowie das Fehlen von Gewebeschädigungen an den Meßstellen der Hautlappen. Damit scheint die Gewinnung von objektiven Daten in vergleichenden Studien über heilungsfördernde Maßnahmen bei kritischen Hautlappen möglich.

Mit Hilfe dieser Meßmethode ergab sich in der vorliegenden Untersuchung, daß es unter Anwendung von Actovegin^{R} zu einer signifikanten Erhöhung

der $tcPO_2$-Werte der Verschiebeschwenkplastik an der Bauchhaut von Ratten kam.

Der steile Anstieg der $tcPO_2$-Werte zwischen dem 2. und 4. Tag p.Op. in der mit Actovegin^R behandelten Gruppe deutet darauf hin, daß Actovegin^R einen positiven Einfluß auf die Kapillarisierung der Schwenklappen hat. Eine eindeutige Klärung der Wirkungsweise des Blutextraktes war durch die PO_2-Messung jedoch nicht möglich.

8. Zusammenfassung

Mit der transcutanen PO_2-Messung wurde die Durchblutung von Verschiebeschwenklappen an der Bauchhaut von zwanzig Ratten untersucht.
Zehn der Versuchstiere wurden mit Actovegin^R (eiweißfreier, niedermolekularer Kälberblutextrakt) behandelt. Die Kontrollgruppe von ebenfalls zehn Tieren erhielt täglich 2,0 ml physiologische Kochsalzlösung i.p..
Durch die $tcPO_2$-Messung am 2., 4., 6., 8. und 10. Tag in 1 cm bzw. in 2 cm von der Basis entfernt, wurde die Einheilung der Lappen verfolgt.
Die in der Literatur (15,16) beschriebene Möglichkeit, durch die von HUCH und LÜBBERS entwickelte $tcPO_2$-Methode objektiv das Einheilen von Hauttransplantaten zu verfolgen, konnten wir bestätigen. So zeigte sich ein signifikanter Anstieg der gemessenen $tcPO_2$-Werte im Verlauf der Einheilung der Schwenklappen. Weiterhin zeigten sich signifikant unterschiedliche $tcPO_2$-Werte in Abhängigkeit von der Entfernung zur Lappenbasis, wobei die höheren Werte immer basisnahe gemessen wurden.

Durch die Möglichkeit, mit der Methode quantitative Durchblutungsänderungen aufzeigen zu können, erscheint sie geeignet, die fördernde Wirkung von Medikamenten auf das Einheilen von Schwenklappen zu objektivieren. Die vielfach in der Literatur (5,13,18,20-26) beschriebene positive Wirkung der Blutextraktbehandlung auf die Wundheilung zeigte sich in unserer Untersuchung in den am 4., 6., 8. und 10. postoperativen Tag signifikant ($p < 0,05$) höheren $tcPO_2$-Werten in der mit Actovegin^R behandelten Tiergruppe.
Die Ursache für diese positive Wirkung konnte durch die von uns verwandte Methode nicht sicher geklärt werden. Trotzdem bestätigt die vorliegende

Untersuchung die klinischen Erfahrungen, nach denen die Anwendung von Actovegin^{R} zu einer signifikanten Verbesserung der Wundheilung führt.

9. A N H A N G

PO_2-Werte der Kontrollgruppe - Tabelle 1

Ratte Nr.:	Meßpunkte	2.Tag	4.Tag	6.Tag	8.Tag	10.Tag
1	1 cm	4	24	47	72	76
	1 cm + O_2	7	46	63	80	81
	2 cm	0	43	28	63	70
	2 cm + O_2	0	59	41	91	89
2	1 cm	8	14	30	23	66
	1 cm + O_2	15	49	45	36	90
	2 cm	13	20	16	32	39
	2 cm + O_2	34	57	24	44	61
3	1 cm	16	22	34	35	34
	1 cm + O_2	38	41	54	40	50
	2 cm	16	10	29	31	30
	2 cm + O_2	33	17	30	40	48
4	1 cm	17	16	20	44	43
	1 cm + O_2	35	22	24	67	60
	2 cm	7	16	15	30	67
	2 cm + O_2	12	15	32	57	49
5	1 cm	69	53	48	87	49
	1 cm + O_2	86	116	74	120	59
	2 cm	62	45	58	72	32
	2 cm + O_2	75	87	89	110	32
6	1 cm	8	26	39	54	64
	1 cm + O_2	37	41	60	66	85
	2 cm	10	29	50	40	38
	2 cm + O_2	25	41	58	56	44
7	1 cm	24	30	46	70	52
	1 cm + O_2	34	43	116	123	97
	2 cm	30	3	28	58	46
	2 cm + O_2	38	9	54	105	71

Ratte Nr.:	Meßpunkte	2.Tag	4.Tag	6.Tag	8.Tag	10.Tag
7	1 cm	24	30	46	70	52
	1 cm + O_2	38	43	116	123	97
	2 cm	30	3	28	58	46
	2 cm + O_2	38	9	54	105	71
8	1 cm	43	64	39	64	69
	1 cm + O_2	66	96	66	108	131
	2 cm	0	31	43	45	49
	2 cm + O_2	6	43	75	81	80
9	1 cm	50	45	47	70	71
	1 cm + O_2	77	63	85	109	119
	2 cm	23	26	44	55	31
	2 cm + O_2	37	43	70	74	54
10	1 cm	69	26	38	49	47
	1 cm + O_2	83	56	88	104	0
	2 cm	19	23	31	28	61
	2 cm + O_2	26	57	45	50	79

Tabelle 2:
Mittelwert XM, Standardabweichung S, Variationskoeffizient VK, der Kontrollgruppe

	Meßpunkte	2.Tag	4.Tag	6.Tag	8.Tag	10.Tag
XM		30,8	32,0	38,8	56,8	57,1
S	1 cm	25,0	16,5	8,9	19,4	13,9
VK (%)		81,3	51,6	23,1	34,1	24,3
XM		48,2	57,3	67,5	85,3	77,2
S	1 cm + O_2	28,0	28,1	25,3	32,0	37,4
VK (%)		58,2	49,2	37,5	37,6	48,4
XM		18,0	24,6	34,2	45,4	46,3
S	2 cm	18,0	13,3	14,1	15,7	15,0
VK (%)		100,0	54,1	41,3	34,6	32,5
XM		28,6	42,8	51,8	70,8	60,7
S	2 cm + O_2	21,0	24,0	21,3	25,2	18,4
VK (%)		73,5	56,1	41,2	35,6	30,3

Tabelle 3:
PO_2-Werte der mit Actovegin^R behandelten Gruppe

Ratte Nr.:	Meßpunkte	2.Tag	4.Tag	6.Tag	8.Tag	10.Tag
1 A	1 cm	46	50	46	61	72
	1 cm + O_2	67	84	93	108	109
	2 cm	0	19	48	73	63
	2 cm + O_2	0	28	90	103	100
2 A	1 cm	0	7	22	75	78
	1 cm + O_2	0	18	31	111	98
	2 cm	0	20	60	70	-
	2 cm + O_2	10	41	74	98	-
3 A	1 cm	10	74	76	77	93
	1 cm + O_2	7	117	94	115	109
	2 cm	0	58	79	49	71
	2 cm + O_2	0	96	108	88	95
4 A	1 cm	13	58	29	69	77
	1 cm + O_2	15	87	54	99	105
	2 cm	44	24	36	75	71
	2 cm + O_2	54	53	75	119	103
5 A	1 cm	41	55	71	61	81
	1 cm + O_2	68	87	115	83	121
	2 cm	0	23	86	65	88
	2 cm + O_2	0	25	122	96	109
6 A	1 cm	31	54	79	67	87
	1 cm + O_2	30	82	130	93	117
	2 cm	28	55	75	81	93
	2 cm + O_2	40	109	106	110	125

Ratte Nr.:	Meßpunkte	2.Tag	4.Tag	6.Tag	8.Tag	10.Tag
7 A	1 cm	0	56	73	83	81
	1 cm + O_2	4	85	122	112	117
	2 cm	0	53	55	80	87
	2 cm + O_2	0	85	78	95	117
8 A	1 cm	47	58	60	85	87
	1 cm + O_2	74	97	102	118	99
	2 cm	45	65	48	78	73
	2 cm + O_2	67	102	79	90	91
9 A	1 cm	50	58	68	86	87
	1 cm + O_2	70	78	90	98	116
	2 cm	18	45	62	76	81
	2 cm + O_2	31	71	84	95	99
10 A	1 cm	37	64	83	88	91
	1 cm + O_2	53	90	101	107	112
	2 cm	39	35	76	39	80
	2 cm + O_2	54	53	97	24	97

Tabelle Nr. 4:
Mittelwert XM, Standardabweichung S, Variationskoeffizient VK, der mit Actovegin^{R} behandelten Gruppe

	Meßpunkte	2.Tag	4.Tag	6.Tag	8.Tag	10.Tag
XM		27,5	53,4	60,7	75,2	83,4
S	1 cm	19,8	17,5	21,3	10,2	6,6
VK (%)		72,1	32,8	35,1	13,6	7,9
XM		38,8	82,5	93,2	104,4	110,3
S	1 cm + O_2	30,6	25,1	30,2	10,9	7,8
VK (%)		78,8	30,4	32,4	10,4	7,0
XM		17,4	39,7	62,5	68,6	79,5
S	2 cm	19,8,	17,5	16,1	13,9	10,0
VK (%)		114,3	44,2	25,8	20,3	12,5
XM		25,6	66,3	91,3	91,8	104,0
S	2 cm + O_2	26,7	30,7	16,3	25,5	11,0
VK (%)		104,3	46,4	17,9	27,8	10,6

Tabelle Nr. 5:

Die dem Tafelwert t entsprechenden Irrtumswahrscheinlichkeiten p für den Vergleich der mit Actovegin^{R} behandelten Gruppe gegen die Kontrollgruppe

Meßpunkte	2.Tag	4.Tag	6.Tag	8.Tag	10.Tag
1 cm	0,35	0,005	0,005	0,01	0,005
2 cm	0,20	0,025	0,0005	0,0025	0,005
1 cm + O_2	0,20	0,025	0,05	0,05	0,01
2 cm + O_2	0,40	0,05	0,0005	0,05	0,0005

Signifikanzgrenze $p < 0,05$ (t-Test nach STUDENT)

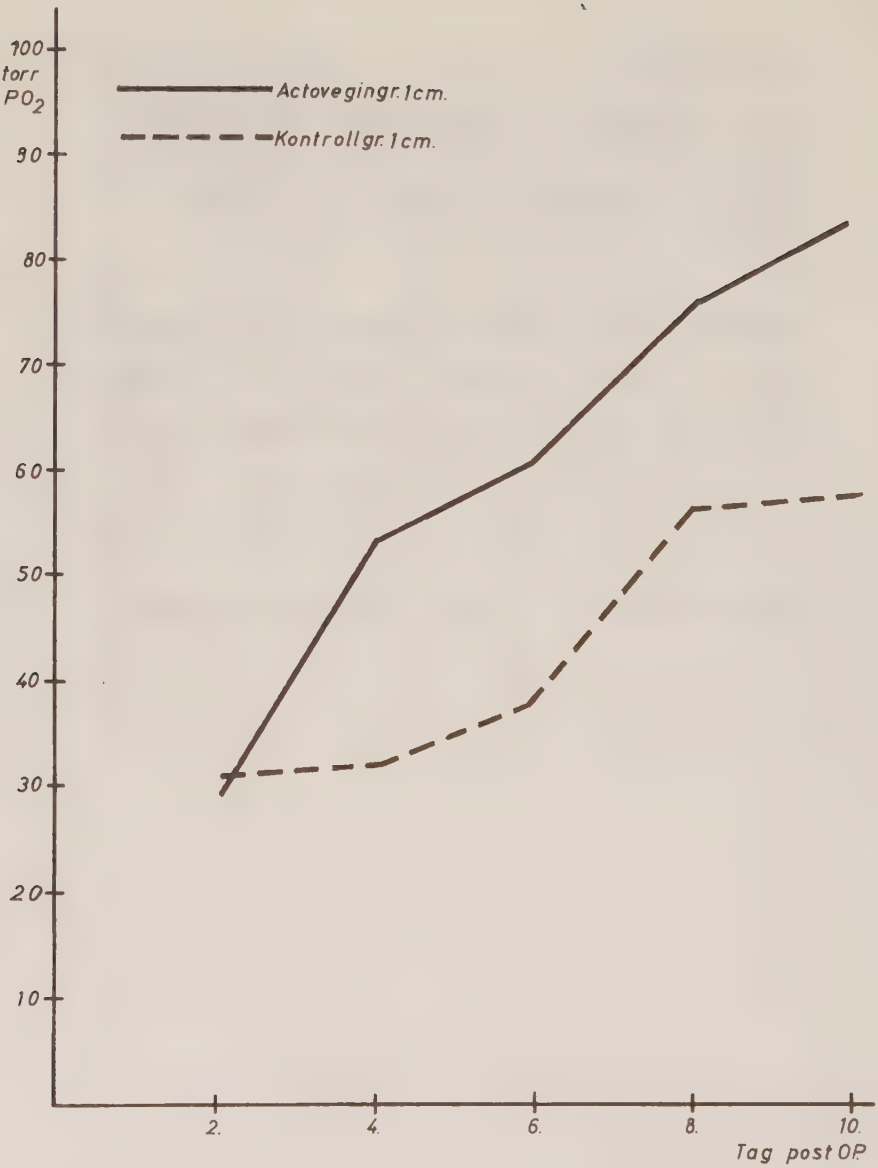

Abb. 4
Graphische Darstellung der $tcPO_2$-Mittelwerte für 1 cm der Kontrollgruppe und der mit Actovegin^R behandelten Tiergruppe

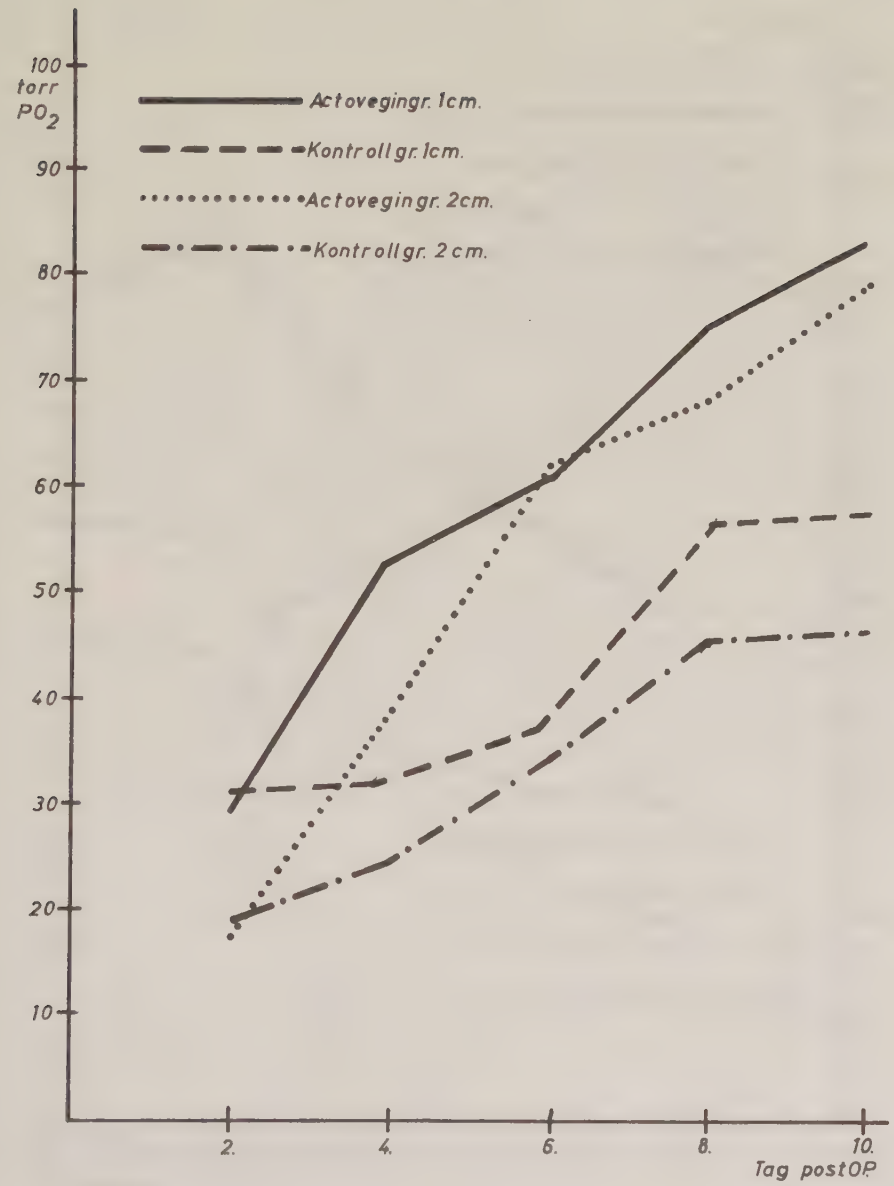

Abb. 5
Graphische Darstellung der $tcPO_2$-Mittelwerte für 1 cm und 2 cm der Kontrollgruppe und der mit Actovegin^R behandelten Tiergruppe

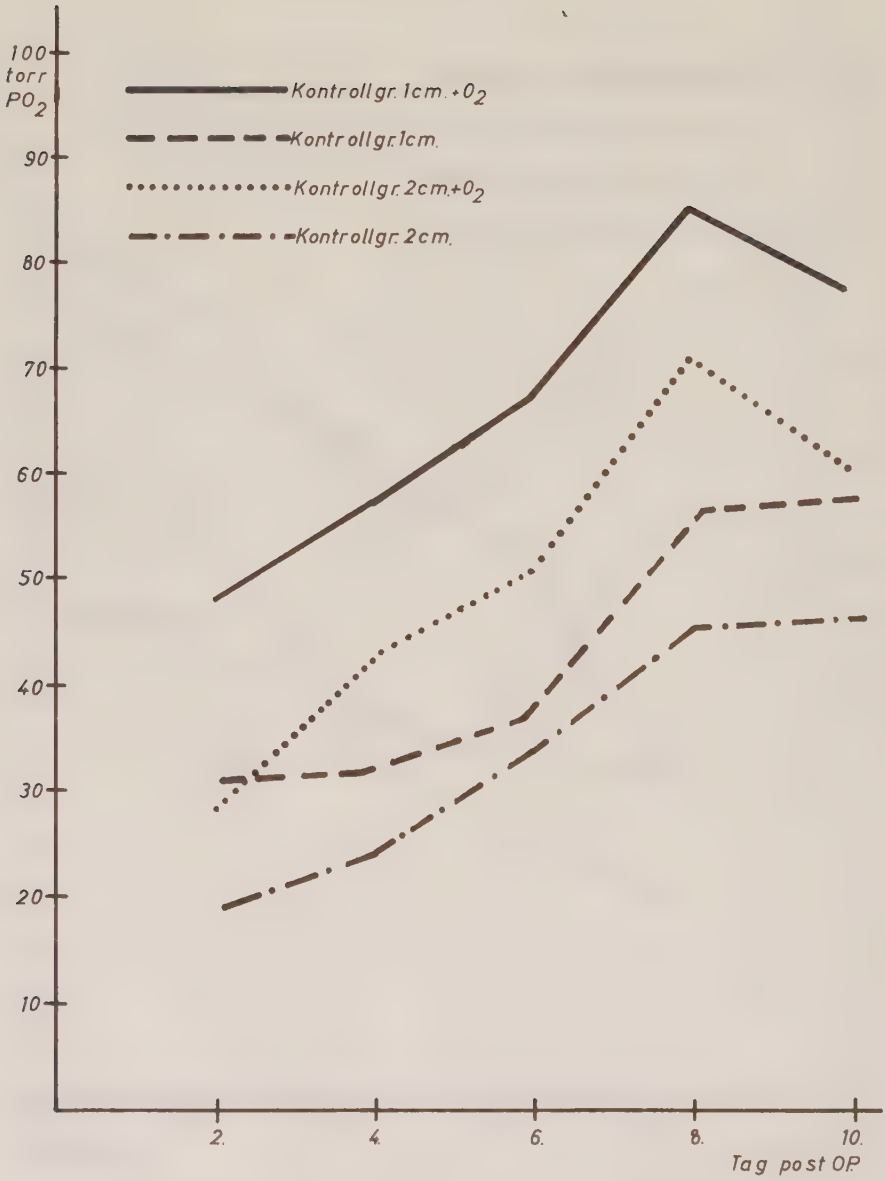

Abb. 6

Graphische Darstellung der $tcPO_2$-Mittelwerte der Kontrollgruppe für 1 und 2 cm mit und ohne O_2-Gabe

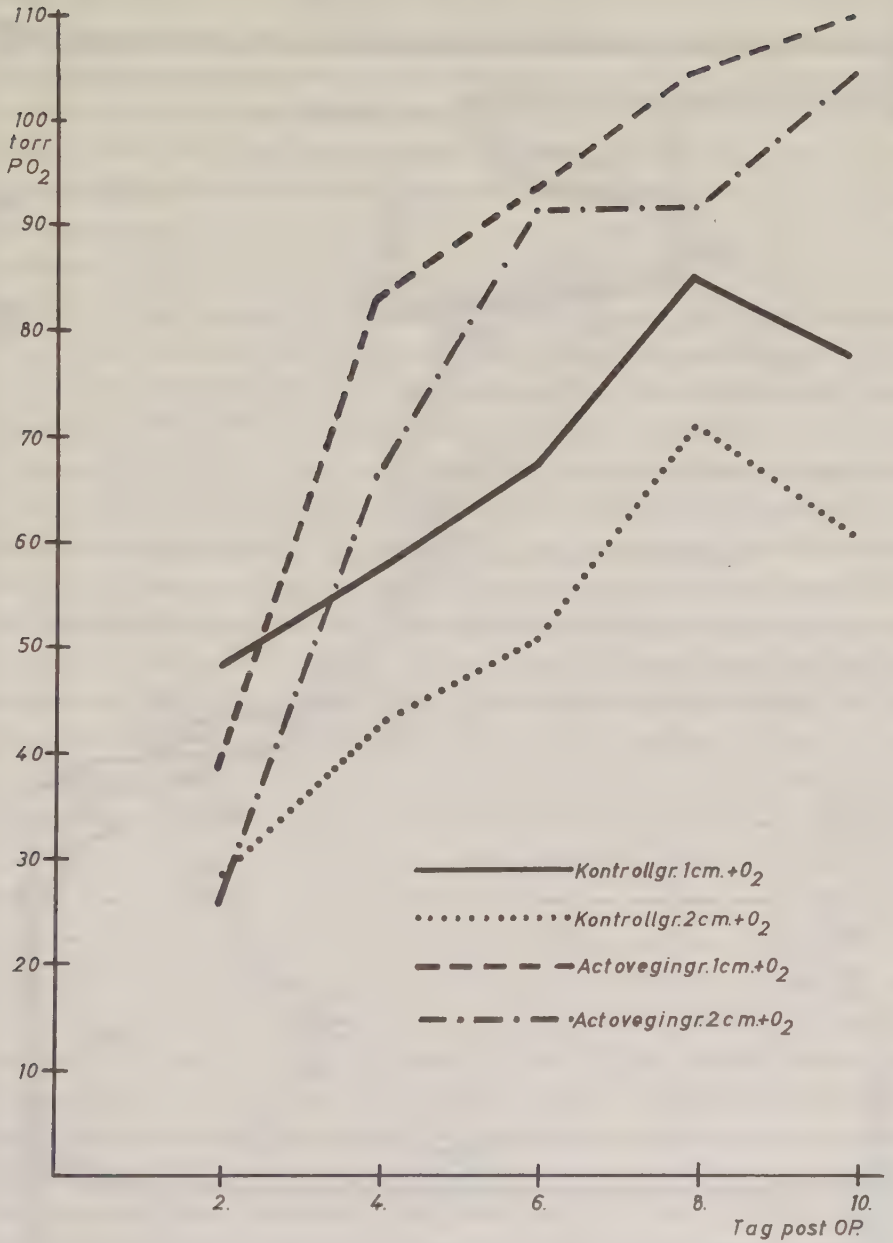

Abb. 7

Graphische Darstellung der $tcPO_2$-Mittelwerte der Kontrollgruppe und der mit Actovegin^R behandelten Tiergruppe für 1 und 2 cm unter O_2-Gabe

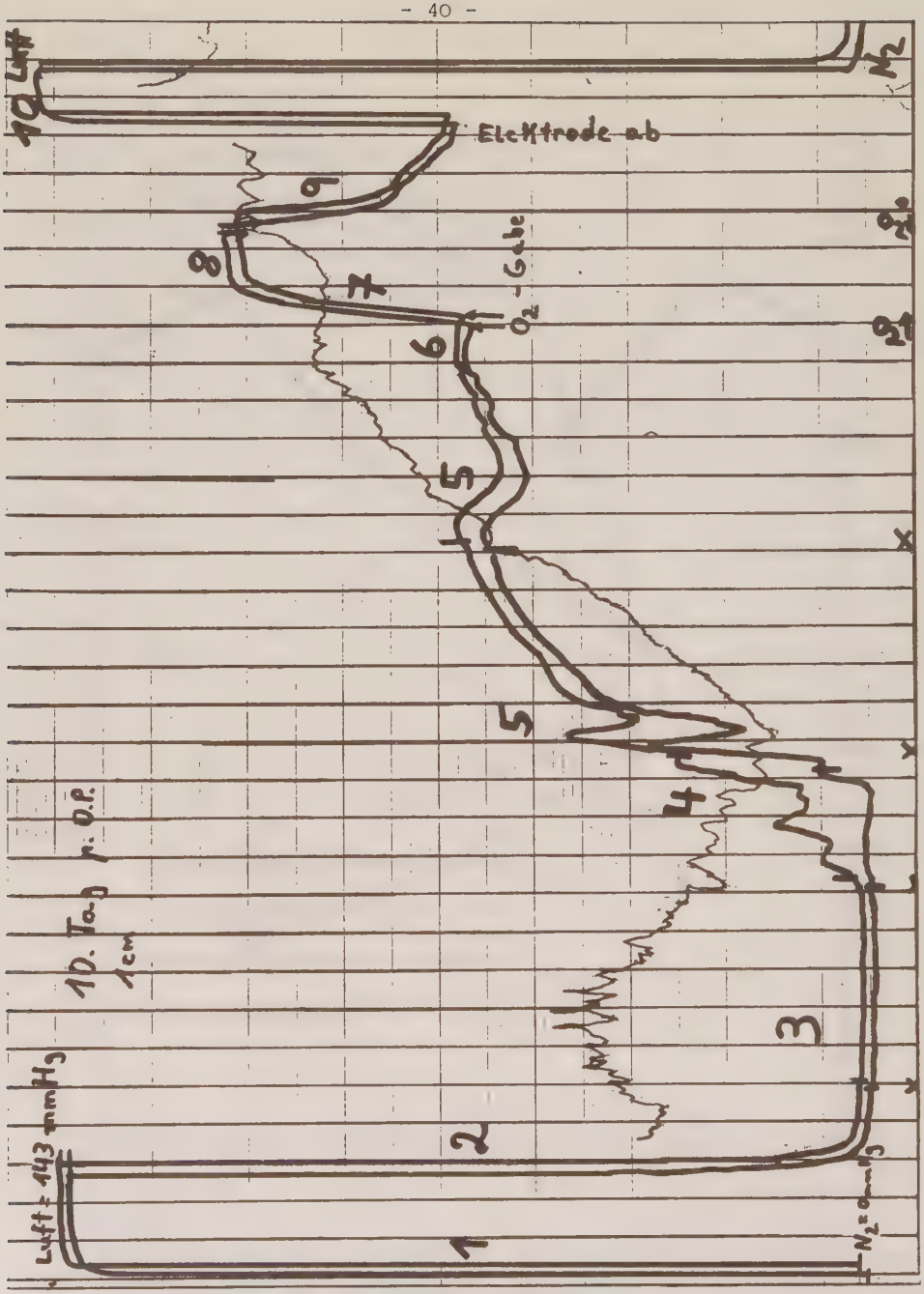

Abb. 8

Kurvenverlauf einer Messung des $tcPO_2$ am 10. Tag p.Op.

zu Abb. 8 + 9

Kurvenverlauf einer Messung des $tcPO_2$ am 10. Tag p.Op. bei 1 cm Abstand von der Lappenbasis.

1. In vitro Eichung durch freie Luft und Stickstoff
2. Abfall des PO_2-Wertes gegen Null. Dies zeigt, daß die Elektrode luftdicht auf der Haut fixiert ist.
3. In diesen ca. 8 Minuten wird die Haut gleichmäßig erwärmt, um so die Arterialisation zu erreichen.
4. Synchroner Anstieg der beiden Meßwerte und Flußabfall.
5. Abfall der Kurve nach i.p. Gabe von Brevimytal
6. Gemessener PO_2-Wert
7. Schneller Anstieg des PO_2 nach Sauerstoffgabe
8. Meßwert unter O_2-Gabe
9. Prompter Abfall nach abgestellter Sauerstoffzufuhr.
10. Elektrode wird von der Haut abgelöst. Endeichung mit Luft - O_2

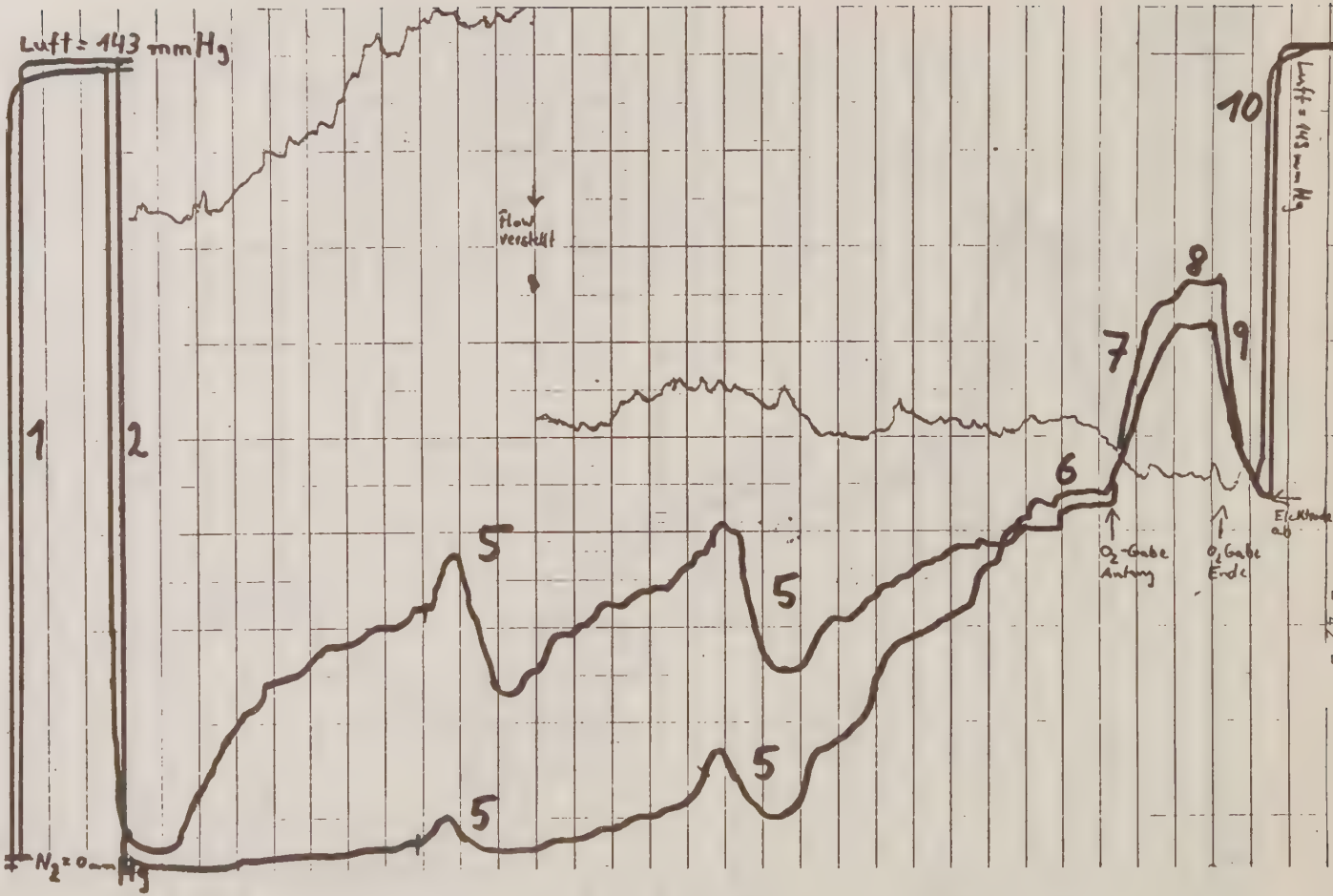

Abb. 9
Kurvenverlauf am 10. postoperativen Tag

Für die freundliche Unterstützung
und Beratung bei dieser Arbeit danke
ich Herrn Priv. Doz. Dr. med. H.P. Keller,
Chirurgische Universitätsklinik Würzburg.

7. Literaturverzeichnis

1) CLARK, L.C.: Monitor and control of blood and tissue oxygen tension. Trans. Am. for Art. Int. Org. 2,41 (1956)

2) EMMRICH, P.; U. STECHELE; R. HUCH; A. HUCH: Anwendungsmöglichkeiten der transcutanen Sauerstoffpartialdruckmessung in der pädiatrischen Intensivmedizin. Dtsch. med. Wschr. 100, 1892 (1975)

3) GIBBS, F. A.: A thermoelectric blood flow recorder in the form of a needle. Proc. Soc. Exper. Biol. Med. 31,141 (1933)

4) GLEICHMANN, U.; LÜBBERS, D. W.: Die Messung des Sauerstoffdruckes in Gasen und Flüssigkeiten mit der Pt-Elektrode unter besonderer Berücksichtigung der Messung im Blut. Pflügers Arch. 271, 431 (1960)

5) GLOOR, M.: Über den Einfluß von Pharmaka auf die Revaskularisierung und die postoperative Gewebshypoxie am Modell des autologen freien Vollhauttransplantates. Arzneim.-Forsch. 23, 1699 (1973)

6) HÄRTWIG, J.; G. DIETEL; U. DREWES: Therapeutische Möglichkeiten zur Vermeidung von Stiellappennekrosen. Med. Welt 27, 124 (1976)

7) HUCH, A.; R. HUCH; LÜBBERS, D. W.: Transcutaneous measurement of blood PO_2 ($tcPO_2$)-Method and application in perinatal medicin. J. Perinat. Med. 1, 183 (1973)

8) HUCH, A.; HUCH, R.; BUCHHOLZ, R.; LÜBBERS, D. W.: Erste Erfahrung mit kontinuierlicher transcutaner PO_2-Registrierung bei Mutter und Kind sub partu. Geburtsh. u. Frauenheilkunde 33, 856 (1973)

9) HUCH, R.; A. HUCH: Transcutane Überwachung des arteriellen PO_2 in der Anaesthesie. Anaesthesist 23, 181 (1974)

10) HUCH, R.; A. HUCH; LÜBBERS, D. W.: Zur Frage der Konstanz des arteriellen PO_2. Acta Mediotechnica 23, 64 (1975)

11) HUCH, R.; A. HUCH: Benutzungsanweisung für die transcutane Elektrode; Rundschreiben v. 9.1976

12) HUCH, R.; A. HUCH: Klinische und physiologische Aspekte der transcutanen Sauerstoffdruckmessung in der Perinatalmedizin. Z. Geburtsh. Perinat. 179, 235 (1975)

13) JAEGER, K.-H.; LEYBOLD; H. MITTENZWEI; H. STAU-DINGER; WALDSTÄTTEN VON: Die Förderung der Zellatmung durch einen Blutextrakt. Arzneimittel-Forsch. 15, 750 (1965)

14) KELLER, H. P.; FEHN, W.; VIERECK: Die transcutane PO_2-Messung in der postoperativen Überwachung nach Thoraxchirurgischen Eingriffen. Chirurg 49, 100 (1978)

15) KELLER, H. P.; P. KLAUE; D. W. LÜBBERS: Transcutaneous PO_2-Measurement for Evaluating the Oxygen Supply of Skin Allo- and Autografts. Eur. Surg. Res. 10, 272 (1978)

16) KNOTE, G. H. BOHMERT: Zur Bestimmung der Überlebensfähigkeit nekrosegefährdeter Hautareale mittels transcutaner polarographischen Sauerstoffdruckmessung. Fortschr. Med. 95, 640 (1977)

17) LÜBBERS, D. W.; R. HUCH; A. HUCH: Problems of Transcutaneous Measurement of Arterial Blood Gases. In Haim, I. Bicher,: Oxygen Transport to Tissue, Plenum Publishing Corporation, New York, 115 (1974)

18) MALAKER, K.; R. SELLWOOD: Die Wirkung von SOLCOSERYL^R auf das Überleben von Hauttransplantaten und auf die Heilung von Hautentnahmestellen bei der Ratte. Brit. J. Surg. 57, 221 (1970)

19) OLIVARI, N.; B. OLIVARI: Beeinflussung der Lappendurchblutung und Nekroserate nach Verschiebeschwenkplastik durch Pentoxifyllin und Dextran 40. Med. Welt 26, 1973 (1975)

20) REICHEL, H.; Chr. WEISS; H. P. LEICHTWEISS: Die Wirkung eines Blutextraktes auf die Sauerstoffaufnahme isolierter künstlich perfundierter Nieren und Skelettmuskeln der Ratte. Arzneimittel-Forsch. 15, 756 (1965)

21) RIEDE, U. H.; P. ROHR; P. SANDOZ: Tierexperimentelle Studie zum Problem der ACTIHAEMYL^{R}-Wirkung. Schweiz. med. Wschr. 104, 182 (1974)

22) STERN, P.; K. VALJEVAC: Verlängerung der Überlebenszeit von Hauthomotransplantaten durch einen Blutextrakt. Bulletin Scientifique Yougoslave 15, 4 (1970)

23) SZEKERES, L.; L. TÖRÖK; n. SIMON: Wundheilung und fibrinolytische Aktivität. VASA 2, 81 (1973)

24) WARD, P.A.: Inflammation. in: Principles of Pathology (Hrsg. LA VIA, Hills) 92, Oxford University Press (1971)

25) WICKINGEN, H.: Die Wirkung eines Blutextraktes auf die Wundheilung. Wien. med. Wschr. 110, 90 (1960)

26) ZINKERNAGEL, R.; U. N. RIEDE; R. K. SCHENK: Ultrastrukturelle Untersuchungen der Juxtaepiphysären Kapillaren nach Perfusionsfixation. Experientia (Basel) 28, 1205 (1972)

Lebenslauf

Am 23.04.1949 wurde ich als zweites Kind des Oberstudienrates Walter Finke und seiner Frau Marga, geb. Köller geboren.

Von Ostern 1955 - 1959 besuchte ich die Georgs-Volksschule in Gelsenkirchen, anschließend das Grillo-Gymnasium Gelsenkirchen. Nach der Untertertia wechselte ich zur 4. Klasse der Realschule für Jungen in Gelsenkirchen über, die ich dann mit der Mittleren Reife im März 1966 verließ. Danach besuchte ich das Aufbaugymnasium am Stoppenberg in Essen und bestand am 13. Mai 1968 das Abitur.
Am 1.9.68 begann ich in der Hirsch-Apotheke, Essen, Limbecker Platz, die nach der Ausbildungsordnung für Apotheker vorgeschriebene zweijährige Praktikantenzeit. Die pharmazeutische Vorprüfung bestand ich am 3.9.70 mit der Note gut.
Von diesem Zeitpunkt an bewarb ich mich ständig um einen Studienplatz für Pharmazie. Unterdessen arbeitete ich als vorexaminierter Apotheker in der Glückauf-Apotheke Gelsenkirchen und der Schwanhilden-Apotheke in Essen.
Zum Sommersemester 1973 erhielt ich die Zulassung für das Medizinstudium an der Universität Würzburg.
Im Mai 1979 bestand ich den letzten Teil des Staatsexamen. Am 2. Mai 1979 wurde mir die Approbation erteilt.
Seit dem 15. Juni 1979 arbeite ich in der Ausbildung zum Arzt für Allgemeinmedizin im St.-Joseph-Hospital Gelsenkirchen Horst in der chirurgischen Abteilung.

Wolfgang Finke

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80

Dissertationsdruck
Schmitt & Meyer

Würzburg Ludwigkai 28a Tel. 7 23 80